

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM GEOPROCESSAMENTO

**USO DE SIG NA GERÊNCIA DE PAVIMENTOS URBANOS, ESTUDO DE
CASO DA CIDADE DE CANDANGOLÂNDIA-DF**

Charles Silva de Aguiar

Orientador: Prof. Dr. Edilson de Souza Bias

MONOGRAFIA DE CONCLUSÃO DE CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO

BRASÍLIA

2012

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM GEOPROCESSAMENTO

**USO DE SIG NA GERÊNCIA DE PAVIMENTOS URBANOS, ESTUDO DE
CASO DA CIDADE DE CANDANGOLÂNDIA-DF**

Charles Silva de Aguiar

Orientador: Prof. Dr. Edilson de Souza Bias

MONOGRAFIA DE CONCLUSÃO DE CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO

COMISSÃO JULGADORA

	Nome	Assinatura
Presidente:	Prof. Dr. Edilson de Souza Bias	_____
Examinadores:	_____	_____
	_____	_____

USO DE SIG NA GERÊNCIA DE PAVIMENTOS URBANOS, ESTUDO DE CASO DA CIDADE DE CANDANGOLÂNDIA – DF

**Charles Silva de Aguiar
Edilson de Souza Bias**

Instituto de Geociências – Curso de Especialização em Geoprocessamento Ambiental
Universidade de Brasília

Resumo: Neste trabalho procurou-se apresentar tanto a pertinência técnica quanto a viabilidade orçamentária acerca da utilização de ferramenta SIG aliada a um banco de dados desenvolvido em ambiente Microsoft Access para a gerência de pavimentos urbanos em nível de rede em pequenas cidades e municípios brasileiros. Procurou-se demonstrar a importância no planejamento das manutenções dos pavimentos em detrimento das ações pontuais que invariavelmente onera de forma irresponsável a destinação dos recursos públicos aplicados nas intervenções de manutenção e reabilitação dos pavimentos. Descreve-se a metodologia desenvolvida pela USP de São Carlos para a gerência de pavimentos urbanos a nível de rede e de projeto, e por fim aplica-se o método através de estudo de caso realizado na região administrativa de Candangolândia-DF. Lançando mão de levantamento das condições dos pavimentos em campo de toda a malha viária, foi possível fazer a modelagem dessas informações no sentido de identificar as vias prioritárias para as atividades de manutenção e reabilitação, conhecer a atual condição dos pavimentos e elencar as estratégias de manutenção e reabilitação adequadas. Foi possível ainda, organizar através de camadas de informações espaciais os dados de inventários das vias que se encontram no geodatabase do SGPU da NOVACAP, para em seguida apresenta-los através de mapas temáticos.

Palavras-chave: Gerência de Pavimentos, Manutenção e Reabilitação de Pavimentos, Banco de Dados Geográfico.

Abstract: The aim of this study is to present both technical and financial viability of the use of a GIS application accomplished to a database developed in Microsoft Access to work with Urban Pavement Management System applied to Network Levels of low traffic volumes of small Brazilian towns. It was given emphasis on the importance of planning and maintenance programs instead of the traditional punctual interventions that causes invariably ill-use of the public funds for maintenance and rehabilitation of urban pavements. The Pavement Management System developed in the University of São Carlos was described and applied in a study case located in the Administrative Region of Candangolandia-DF. Based on field surveys it was possible to collect the pavement surface condition of the Administrative Region network, and to proceed with the computational modeling in order to identify the most urgent interventions to be made and to work on a strategic maintenance and rehabilitation program. It was also possible to organize layers of spatial information of the inventory of the network surface conditions found on the Urban Pavement Management System of NOVACAP to make possible the generations of thematic maps.

Key-words: Management Pavement System, Maintenance and Rehabilitation of Pavements, Geographic Information System.

INTRODUÇÃO:

Segundo Puglieri (1998), o termo gerência de pavimentos pode ser entendido como a coordenação eficiente e integrada das várias atividades envolvidas na concepção, na construção e na manutenção dos pavimentos que fazem parte de uma infraestrutura viária (rodoviária, aeroportuária ou urbana), de modo a permitir que estes proporcionem condições aceitáveis para o usuário a um custo mínimo para a sociedade.

Análogo ao desenvolvimento que o Brasil experimentou nas duas últimas décadas em vários setores de pesquisa, verificou-se um avanço tecnológico importante no desenvolvimento de novos equipamentos de precisão e sistemas informatizados de gerência de pavimentos. Esses fatores alavancaram pesquisas relevantes no âmbito das agências viárias, centros de pesquisas ligados à Universidades e empresas privadas do setor de engenharia de tráfego e pavimentação. Essa grande produção técnica aliada à difusão do uso de geotecnologias, têm proporcionado aos técnicos e gestores públicos oportunidades nunca antes disponíveis para se implementar planos de estratégias eficazes e seguras na gerência de pavimentos.

Não obstante, verifica-se que no âmbito municipal, o país vive um cenário de atraso técnico e científico que impossibilita as pequenas prefeituras de implementarem um plano de estratégias que gere procedimentos eficientes e específicos de manutenção e reabilitação de vias urbanas, quer pela falta de utilização de uma metodologia adequada para a realidade das pequenas cidades, ou pela falta de recursos próprios que viabilizem a contratação de empresas especializadas ou centros de pesquisas para sua implementação.

Tendo em vista que, na quase totalidade dos casos, os recursos disponíveis para manutenção da malha viária comprometida são menores que as necessidades, os técnicos envolvidos no plano de recuperação precisam tomar decisões acertadas para a manutenção e reabilitação de vias quase sempre com dados incompletos ou sem a posse desses, o que compromete sobremaneira o resultado ideal, que seria o alcance da melhor relação custo benefício para os recursos investidos no plano de manutenção.

Neste sentido, o presente trabalho apresenta a utilização prática da metodologia desenvolvida na USP de São Carlos por Fernandes Júnior (2003), para a gerência de pavimentos urbanos. Lançando mão de um aplicativo desenvolvido em ambiente Microsoft Access para a modelagem das informações extraídas de um banco de dados, foi possível identificar não somente a melhor estratégia de manutenção para os pavimentos deteriorados, mas também espacializar essas informações através do software ArcGIS, colaborando desta forma para uma melhor interpretação do estado da arte da malha viária em estudo.

Atualmente, apesar de algumas adaptações de sucesso, e de alguns trabalhos que após consolidados passam a ser normalizados e recomendados por órgãos rodoviários, a avaliação superficial dos pavimentos no Brasil é usualmente realizada seguindo o que preconiza a Norma DNER-PRO 008/94, pelo método do Índice de Gravidade Global – IGG, muito difundido e testado, embora sua aplicação seja voltada para avaliação de pavimentos rodoviários. Por este motivo no presente trabalho será aplicado a metodologia desenvolvida na USP de São Carlos, uma vez que este método além de ser adaptado às condições brasileiras, tem ainda sua aplicação voltada para pavimentos urbanos, e vem sendo utilizado com eficiência no Distrito Federal pela Companhia Urbanizadora da Nova Capital do Brasil – NOVACAP, para priorização de vias e planejamento das intervenções de manutenção.

O trabalho é dividido em duas partes: a primeira contempla a apresentação e estruturação do método que será utilizado; e na segunda parte é apresentada uma aplicação prática com o Estudo de Caso da região administrativa de Candangolândia – DF.

METODOLOGIA UTILIZADA

Para Pugliero (2003), um Sistema de Gerência de Pavimentos (SGP) é um conjunto de ferramentas ou métodos para auxiliar os que tomam decisões a encontrar estratégias ótimas para construir, avaliar e manter os pavimentos em uma condição funcional aceitável, durante um certo período de tempo.

Partindo desta premissa, um SGP aumenta sobremaneira a eficiência das decisões tomadas, fornece respostas acerca de consequências de tais decisões, torna menos dispendioso a coordenação das atividades dentro da organização, bem como resguarda de forma consistente o plano de intervenções adotado em diferentes níveis de gerência.

Para Fernandes Júnior (2003), a implantação de um Sistema de Gerência de Pavimentos Urbanos começa com o levantamento de dados, particularmente dos dados de inventário e da condição dos pavimentos (Figura 1).

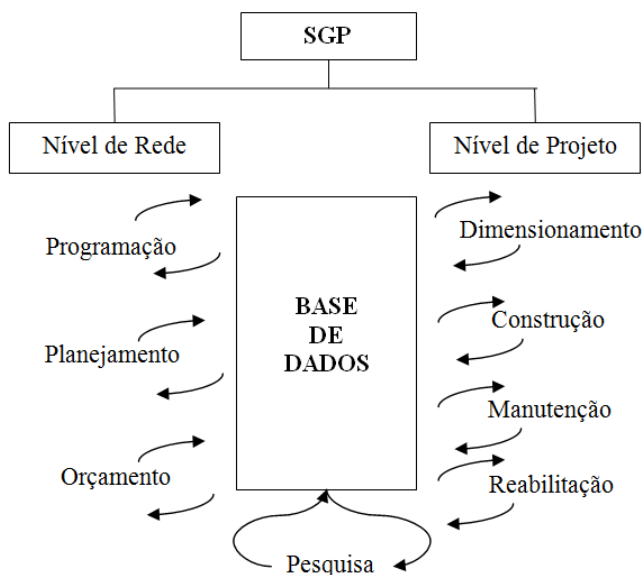


Figura 1 – Fluxograma dos Componentes de um sistema de gerência de pavimentos em nível de rede e projeto (HAAS et Al., APUD FERNANDES JÚNIOR 2003)

A metodologia utilizada no presente estudo de caso, é referenciada na norma ASTM E1777 da American Society for Testing and Materials, que fornece indicações sobre a melhor forma de avaliação da condição dos diferentes tipos de pavimento (rodoviários, urbanos, aeroportuários, de estacionamentos), além de ser apoiada no Método PCI (Pavement Condition Index) ou ICP - Índice de Condição do Pavimento, desenvolvido pelo Corpo de Engenheiros do Exército dos Estados Unidos (USACE - United States Army Corps of Engineers - Shain e Khon 1979-a, 1979-b) na década de 70.

A obtenção das informações acerca das patologias existentes em uma malha viária de pavimentos, bem como as aquelas relacionadas às características físicas das vias, só serão possíveis através de um levantamento de campo, para isso as vias deverão ser inventariadas. No inventário o avaliador em campo irá registrar informações intrínsecas das vias, como o número de faixas, largura e comprimento, o tipo de pavimento, informações sobre a drenagem superficial e interferências físicas no segmento, como por exemplo raízes de árvores e poços de visita. Posteriormente essas informações de inventário em campo serão complementadas com informações adicionais importantes, tais como as datas das últimas intervenções de manutenção e projetos de construção.

O levantamento será feito através caminhamento, onde um avaliador de posse de uma planilha ou com um equipamento de coleta de dados, irá registrar a ocorrência das patologias no pavimento, além de anotar sua severidade e respectivas extensões.

Na metodologia utilizada, a malha viária é seccionada em seções obtidas através do cruzamento dos segmentos de logradouros. Deste cruzamento obtém-se o “segmento”, que é a extensão

compreendida entre dois nós. O segmento passa a ser portanto o incremento onde será realizada uma avaliação completa e distinta em campo. Segmentos com grande extensão (geralmente superiores a 200 metros), poderão ser divididos de forma a uniformizar a extensão dos segmentos, que em média apresentam extensões em torno de 80 metros.

Para os levantamentos em campo, foi utilizado o Manual Para Identificação de Defeitos nos Pavimentos do Programa Estratégico de Pesquisa Rodoviária (SHRP - 1993), que considera 15 tipos de defeitos em pavimentos flexíveis, e que apresenta para cada tipo de defeito, sua descrição, os níveis de severidade e a forma de quantificação das suas extensões, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 – Tipos e formas de medições de defeitos
(SGPU – NOVACAP)

Código	Descrição	Forma de Medição	Código	Descrição	Forma de Medição
1	Trincas por Fadiga	Registrar a área afetada (m ²)	9	Deformação Permanente	Registrar a máx. deformação (cm)
2	Trincas em Blocos	Registrar a área afetada (m ²)	10	Corrugação	Registrar o nº e área afetada (m ²)
3	Trincas nos Bordos	Registrar a área afetada (m ²)	11	Exsudação	Registrar a área afetada (m ²)
4	Trincas Longitudinais	Registrar a extensão (m)	12	Agregados Polidos	Registrar a área afetada (m ²)
5	Trincas por Reflexão	Registrar a área afetada (m ²)	13	Desgaste	Registrar a área afetada (m ²)
6	Trincas Transversais	Registrar o número (m)	14	Desnível Pista/Acost.	Registrar o desnível (mm) a cada 15m
7	Remendos	Registrar o nº e a área afetada (m ²)	15	Bombeamento	Registrar o nº e a área afetada (m ²)
8	Panelas	Registrar o nº e a área afetada (m ²)			

Após a identificação dos defeitos, é necessário definir que combinações de extensão e severidade dos diferentes defeitos indicam que uma seção de pavimento apresenta-se em pior condição que outra. Para tanto, se torna necessário o desenvolvimento os índices combinados de defeitos.

O Índice de Condição dos Pavimentos – ICP, é um valor numérico que varia de 0 a 100, onde o valor máximo representa a excelência na condição do pavimento, podendo ser avaliado subjetivamente ou calculado a partir dos resultados dos levantamentos em campo. O cálculo do ICP é realizado por meio da equação 1, em função dos tipos de defeitos, da severidade de cada defeito e da densidade dos defeitos em percentagem da área total do segmento avaliado:

$$ICP = \left[\sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^{mi} a(Ti, Sj, Dij) F(t.q) \right] \quad (1)$$

Onde:

p: número total de tipos de defeitos para o pavimento analisado;

i : contador dos tipos de defeitos;

mi: número de níveis de severidade para o i-ésimo tipo de defeito;

j: contador dos níveis de severidade;

a(): valor de dedução;

F(t.q): função de ajuste para defeitos múltiplos que varia com a soma dos valores de dedução e o número de deduções;

Ti: tipos de defeitos;

Sj: níveis de severidade;

Dij: extensão dos defeitos.

Um fator de ponderação é associado a cada nível de severidade de um determinado defeito, tendo em vista que algumas patologias influenciam mais que outras para a perda de serventia do pavimento. Os fatores de ponderação deverão ser ajustados para as condições operacionais e ambientais das vias onde serão utilizados.

A determinação do estado do pavimento de uma via pelo índice combinado ICP será utilizado para hierarquizar os segmentos avaliados, definir as estratégias de manutenção e reabilitação, bem como para estimar os custos das intervenções.

Segundo Aps (1998), apoiada nas afirmações de Fernandes e Bertolo (1997), na expressão matemática de Tavakoli (1992), e no modelo de Sohail e Hudson (1996), a determinação do índice de prioridade dos segmentos pelo método do ICP é uma das melhores alternativas para a gerência de pavimentos urbanos a nível de rede.

Os valores dos índices combinados podem dar uma indicação sobre que estratégia de manutenção e reabilitação adotar, conforme Figura 2.

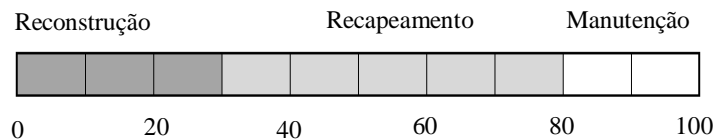


Figura 2 – Estratégia de Manutenção e Reabilitação mais indicada com base no valor do ICP (Instituto do Asfalto, 1989)

Após os trabalhos de levantamento em campo das condições dos pavimentos e determinadas as necessidades, deve-se estabelecer prioridades para as atividades de manutenção e reabilitação dos pavimentos. A priorização é fundamental pois na quase totalidade dos casos, o aporte de recursos disponíveis para intervenções na malha viária são invariavelmente menores que as reais necessidades.

Para Fernandes Júnior (2003), as prioridades em gerência de pavimentos podem ser determinadas por vários métodos, que vão da simples hierarquização subjetiva até a otimização baseada em modelos matemáticos, passando pelo uso de índices de priorização, calculados em função de fatores que condicionam o desempenho dos pavimentos e dos custos associados.

Código	Descrição	Nível Mínimo	Nível Máximo
1	Muito Alto (> 30.000)	30.000	100.000
2	Alto (15.000 < 30.000)	15.000	30.000
3	Médio (5.000 < 15.000)	5.000	15.000
4	Baixo (1.000 < 5.000)	1.000	5.000
5	Muito Baixo (< 1.000)	0	1.000

(a)

Código	Descrição
1	Rodovias
2	Vias de Trânsito Rápido
3	Vias Arteriais
4	Vias Coletoras
5	Vias Locais

(b)

Código	Descrição	Nível Mínimo	Nível Máximo
1	Muito Ruim	0	30
2	Ruim	30,1	50
3	Regular	50,1	80
4	Bom	80,1	90
5	Muito Bom	90,1	100

(c)

Código	Descrição	Fator Multiplicador
1	Ônibus	1,2
2	Ambulância	1,3
3	Lixo	1,4
4	Caminhões	1,4
5	Outra	1,1

(d)

Código	Descrição	Nível Mínimo	Nível Máximo
1	Muito Velho	20,1	100
2	Velho	15,1	20
3	Médio	10,1	15
4	Novo	5,1	10
5	Muito Novo	0	5

(e)

Figura 3 - Tabelas de Parâmetros Utilizados na Matriz de Priorização: (a) Nível de VDM; (b) Classe Funcional; (c) Níveis de ICP; (d) Fator Rota; e (e) Nível de Idade.

Índices compostos, denominados Índices de Prioridade (IP), podem ser utilizados para a hierarquização e seleção de trechos e de estratégias de manutenção e reabilitação. O valor do IP irá determinar o índice de priorização dos segmentos, e poderá ser calculado de duas formas distintas, uma através de operações com matrizes de priorização, ou através da seguinte expressão:

$$IP = \frac{ICP}{FT \times CF \times FR} \quad (2)$$

Onde:

IP: índice de prioridade;

ICP : índice de condição do pavimento;

FT: fator de tráfego;

CF: fator de classificação funcional;

FR: fator de rota de trânsito de veículos especiais;

Para o estudo de caso, apresentado no trabalho, o cálculo do IP será o produto da operação com duas matrizes padrão, uma que relaciona o ICP com a idade do pavimento, e a segunda que relaciona o VDM com a classe funcional do pavimento. Seguindo a metodologia utilizada pela NOVACAP, o peso percentual da matriz ICP /IDADE será de 70%, e da matriz VDM/CLASSE será de 30%. O cálculo do índice de prioridade de cada segmento, será o produto da soma direta de

cada matriz, dividido pelo fator de rota dos veículos que trafegam na via. Quanto menor o valor obtido para o IP, maior será a prioridade de intervenção no segmento.

A sistemática de avaliação utilizada na metodologia proposta pela USP de São Carlos, utiliza uma planilha baseada na metodologia proposta pelo SHRP (Strategic Highway Research Program) em 1987. Com algumas modificações da versão original, a planilha adaptada às condições brasileiras e aos pavimentos urbanos, visa fornecer uma base consistente e uniforme para a coleta de dados. A Figura 4 apresenta a planilha para levantamento dos dados de inventários das vias, bem como para quantificação do ICP, contendo todos os defeitos considerados na metodologia, com registro dos níveis de severidades e extensões respectivas.

INVENTÁRIO DA REDE VIÁRIA URBANA			
Segmento de Pista:		Data Análise:	Código Mapa:
Nome da Rua:		Comprimento (m):	Número de Faixas:
Da:		Até:	
Sentido do Tráfego:		Largura (m):	
<input type="checkbox"/> Duplo <input type="checkbox"/> → <input type="checkbox"/> ←		<input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> 7.5 <input type="checkbox"/> 10 <input type="checkbox"/> 14	
Idade:		Ano da Última M & R:	
		<input type="checkbox"/> NF <input type="checkbox"/> MC <input type="checkbox"/> MP <input type="checkbox"/> RF <input type="checkbox"/> RC	
Poço de Visita:		Interferência de Raiz:	
<input type="checkbox"/> Saliente <input type="checkbox"/> Rebaixado		<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	
Boca de Lobo:		Estacionamento:	
<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não		<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Parcial	
Meio-Fio:		Calçada:	
<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Parcial		<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Parcial	
Condição:		Condição:	
<input type="checkbox"/> Ruim <input type="checkbox"/> Regular <input type="checkbox"/> Boa		<input type="checkbox"/> Ruim <input type="checkbox"/> Regular <input type="checkbox"/> Boa	
Tipo de Pavimento: <input type="checkbox"/> 1 = Flexível <input type="checkbox"/> 2 = Rígido <input type="checkbox"/> 3 = Paralelepípedo <input type="checkbox"/> 4 = Pedra Irregular <input type="checkbox"/> 5 = Blocos de Concreto <input type="checkbox"/> 6 = Não Pavimentado <input type="checkbox"/> 7 = Inexistente		Classe Funcional: <input type="checkbox"/> 1 = Rodovias <input type="checkbox"/> 2 = Vias de Trânsito Rápido <input type="checkbox"/> 3 = Vias Arteriais <input type="checkbox"/> 4 = Vias Coletoras <input type="checkbox"/> 5 = Vias Locais Velocidade da Via: _____ Km/h	
Subleito:		Estrutura:	
<input type="checkbox"/> 1 = fraco <input type="checkbox"/> 2 = médio <input type="checkbox"/> 3 = resistente		<input type="checkbox"/> A = flexível e E1 <input type="checkbox"/> B = flexível e E2 <input type="checkbox"/> C = flexível e E3 <input type="checkbox"/> D = flexível e E4	
Volume de Tráfego:		Tipo de Rota:	
<input type="checkbox"/> 1 = Muito Alto (VDM > 30.000) <input type="checkbox"/> 2 = Alto (15.000 < VDM <= 30.000) <input type="checkbox"/> 3 = Médio (5.000 < VDM <= 15.000) <input type="checkbox"/> 4 = Baixo (1.000 < VDM <= 5.000) <input type="checkbox"/> 5 = Muito Baixo (VDM <= 1.000)		<input type="checkbox"/> 0 = Nenhuma <input type="checkbox"/> 1 = Ônibus <input type="checkbox"/> 2 = Ambulância <input type="checkbox"/> 3 = Caminhões de lixo <input type="checkbox"/> 4 = Função social <input type="checkbox"/> 5 = Outra	
Veículos Pesados: _____ %			

AVALIAÇÃO DA CONDIÇÃO DO SEGMENTO				
Segmento de Pista:	Data Avaliação:	Pontos Dedutíveis BOA 1 e 3 Pontos REGULAR 4 e 6 Pontos RUIM 7 e 10 Pontos		
TIPO DE DEFEITO	SEVERIDADE			Pontos Dedutíveis 0 - 10
	Baixa	Média	Alta	
1. Trincas por Fadiga (m²)				
2. Trincas em Blocos (m²)				
3. Defeitos nos Bordos (m)				
4. Trincas Longitudinais (m)				
5. Trincas por Reflexão (m²)				
6. Trincas Transversais (m)				
7. Remendos (m²)				
8. Panelas (m²)				
9. Deformação permanente (m²)				
10. Corrugação (m²)				
11. Exsudação (m²)				
12. Agregados Polidos (m²)				
13. Desgaste (%)				
14. Desnível Pista Acostamento (m)				
15. Bombeamento (m²)				
<input type="checkbox"/> Muito Ruim 0 a 30 <input type="checkbox"/> Ruim 30 a 50 <input type="checkbox"/> Regular 50 a 70 <input type="checkbox"/> Bom 70 a 90 <input type="checkbox"/> Muito Bom 90 a 100 ICP Subjetivo:				
Aceitável:		M & R Prevista:		
<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não		<input type="checkbox"/> NF <input type="checkbox"/> MC <input type="checkbox"/> MP <input type="checkbox"/> RF <input type="checkbox"/> RC		
Observações:				
Avaliação Compl.:		Responsável:		
<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não				

(a)
(b)

Figura 4 – Planilha utilizada para levantamento em campo (a) Informações de inventário (b) Condição dos pavimentos (SGPU - NOVACAP)

UNIVERSO DOS LEVANTAMENTOS

A aplicação prática do método, foi realizada na região administrativa de Candangolândia – DF (RA 19). Localizada na região insular do Distrito Federal, possui uma área 6,61km². Segundo a Pesquisa Distrital de Amostra domiciliar realizada entre os anos de 2010 e 2011 a cidade possui 16.196 habitantes.

A Tabela 2 apresenta a malha viária da região administrativa de Candangolândia - DF, apresentando os tipos de vias, o número de segmentos bem como suas respectivas extensões em metros. Os dados foram extraídos do levantamento realizado no ano de 2010, pela Companhia Urbanizadora da Nova Capital do Brasil – NOVACAP, em todo o Distrito Federal.

Tabela 2 – Tipos e extensões de Vias da cidade de Candangolândia-DF
(SGPU – NOVACAP)

Tipo de Via	Quantidade de Segmentos	Extensão (km)
Caminho *	10	6,0
Estacionamento *	3	0,2
Alça de Ligação	2	2,2
Rodovia *	59	15,6
Alça de Retorno	19	0,6
Rua	317	28,2
Tesoura	6	1,2
Via interna *	29	5,7
Totais	473	59,9

* Tipos de vias não avaliáveis

As informações apresentadas neste trabalho, acerca das condições dos pavimentos e inventário das vias, são parte dos trabalhos que foram desenvolvidos pela empresa SETE Serviços Técnicos Ltda, através de um Contrato firmado com o Distrito Federal para desenvolvimento do Sistema de Gerência de Pavimentos Urbanos - SGPU da NOVACAP, onde toda a malha viária sob sua responsabilidade foi inventariada e submetida a avaliação superficial (visual) das condições dos pavimentos, considerando como vias “avaliáveis” aquelas de responsabilidade e domínio da referida empresa pública, e que apresentem revestimento flexível em Concreto Betuminoso Usinado a Quente – CBUQ.

Após o tratamento das informações de inventário, a malha viária da cidade de Candangolândia - DF foi discretizada, de onde foram extraídas algumas informações acerca de seus atributos, conforme Tabelas 3 e 4:

Tabela 3 – Segmentos por Faixa de Nível das Vias da cidade de Candangolândia-DF.

Nível	Hierarquia	Segmentos (Quant.)	Extensão (km)	Percentual segmentos
3	Vias Arteriais	97	5,22	28,70
4	Vias Coletoras	51	3,07	15,09
5	Vias Locais	190	20,54	56,21

Tabela 4 – Tipos de Vias Priorizadas na cidade de Candangolândia-DF.

Código	Via	Segmentos (Quant.)	Extensão (km)	Percentual segmentos
LIG	Alça de ligação	2	0,2	0,59
RT	Alça de retorno	19	0,35	5,62
RUA	Rua	317	28,28	93,79

PROCEDIMENTOS PARA PRIORIZAÇÃO

Para que fosse possível realizar a modelagem das informações referentes às avaliações de patologias em campo, foi desenvolvido um aplicativo de modelagem baseado em banco de dados em ambiente Microsoft Access, conforme mostra a Figura 4.

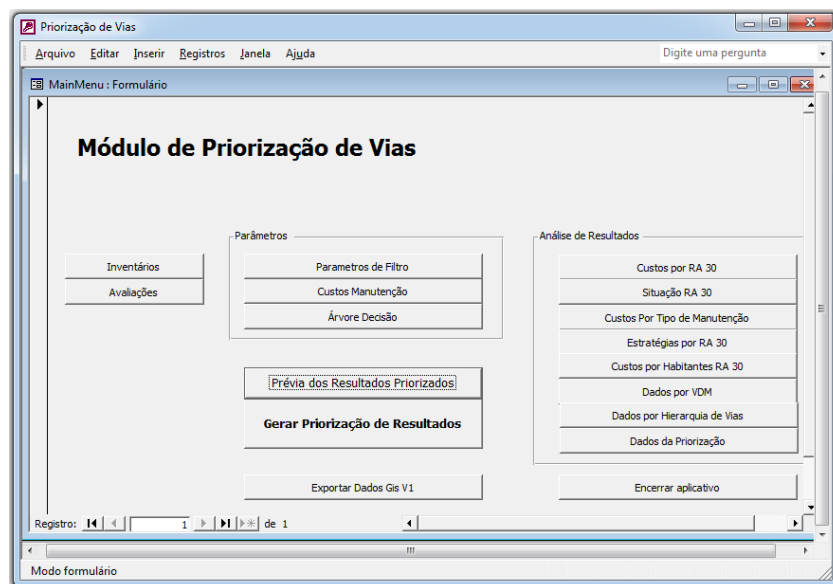


Figura 4 – Tela principal do aplicativo Access para priorização de Vias urbanas

O aplicativo desenvolvido em Banco de Dados, utiliza os parâmetros de análise utilizados para a construção de Árvore de Decisão, onde todos os dados são totalmente parametrizáveis pelo usuário no aplicativo. No menu “Parâmetros de Filtros” (Figura 5), o usuário realiza todas as configurações e calibrações do aplicativo, de acordo com as necessidades identificadas nos diagnósticos realizados em campo, possibilitando assim os ajustes necessários para adequar a metodologia ao cenário proposto.

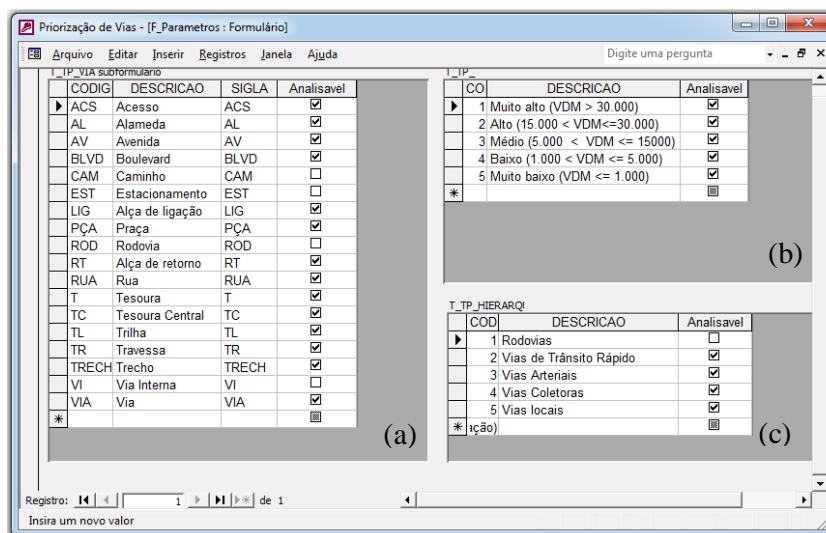


Figura 5 – Tela de Parâmetros de Filtros para priorização no aplicativo Access: (a) Tipos de Vias; (b) Volume Diário Médio de veículos – VDM; (c) Classe Funcional

Após a definição dos dados de parâmetros, serão geradas todas as combinações possíveis associando o ICP, a idade do pavimento e o VDM, para que desta forma seja possível a definição de quais serão as estratégias adotadas para cada combinação. Isso será possível através da Árvore de Decisão utilizada no aplicativo. Ela fornecerá as informações necessárias à simulação para identificar as estratégias de manutenção e reabilitação adequada para cada segmento de pista.

A configuração da Árvore de decisão consiste na definição das atividades de manutenção e reabilitação associada com o tipo de deterioração apresentado em cada segmento de pista. A Figura 6, apresenta um trecho da Árvore de Decisão utilizada no aplicativo.

NÍVEL ICP	NÍVEL IDADE	NÍVEL VDM	ESTRATEGIA
Muito Ruim	Muito Velho	Muito alto (VDM > 30.000)	Reconstrução
Muito Ruim	Muito Velho	Alto (15.000 < VDM <= 30.000)	Reconstrução
Muito Ruim	Muito Velho	Médio (5.000 < VDM <= 15000)	Reforço com Fresagem
Muito Ruim	Muito Velho	Baixo (1.000 < VDM <= 5.000)	Reforço com Fresagem
Muito Ruim	Muito Velho	Muito baixo (VDM <= 1.000)	Reforço com Fresagem
Muito Ruim	Velho	Muito alto (VDM > 30.000)	Reconstrução
Muito Ruim	Velho	Alto (15.000 < VDM <= 30.000)	Reconstrução
Muito Ruim	Velho	Médio (5.000 < VDM <= 15000)	Reforço com Fresagem
Muito Ruim	Velho	Baixo (1.000 < VDM <= 5.000)	Reforço com Fresagem
Muito Ruim	Velho	Muito baixo (VDM <= 1.000)	Reforço com Fresagem
Muito Ruim	Regular	Muito alto (VDM > 30.000)	Reconstrução
Muito Ruim	Regular	Alto (15.000 < VDM <= 30.000)	Reconstrução
Muito Ruim	Regular	Médio (5.000 < VDM <= 15000)	Reforço com Fresagem
Muito Ruim	Regular	Baixo (1.000 < VDM <= 5.000)	Reforço Convencional
Muito Ruim	Regular	Muito baixo (VDM <= 1.000)	Reforço Convencional
Muito Ruim	Novo	Muito alto (VDM > 30.000)	Reforço com Fresagem

Figura 6 – Árvore de Decisão gravada no aplicativo Access para determinação de estratégia de Manutenção e Reabilitação

Para que os custos das intervenções fossem estimados, a tabela de custos unitários de serviços de manutenção praticados pela NOVACAP foi gravada no banco, conforme mostra a Figura 7.

Tipo de Manutenção	Custo Utilizado	Tipo de Serviço	Valor Oficial	Fator de Utilização
1 Não Fazer Nada	0,00		0	0,00
2 Manutenção Corretiva	10,35	Tapa buraco, considerando 5% da área total da seção e considerando espessura média de 18 cm e sinalização.	207	0,05
3 Manutenção Preventiva	13,84	Microrrevestimento aplicados em 100% da área da seção. Item 4643 e sinalização.	13,84	1,00
4 Reforço Convencional	20,32	Recapamento CBUQ em 100% da seção com espessura de 3,5 cm e DMT 30 Km e sinalização.	20,32	1,00
5 Reforço com Fresagem	60,19	Fresagem 50% da seção com DMT 30 Km do material fresado (bota fora), com DMT 30 Km CBUQ 5 Cm e reforço de 3,5 cm CBUQ e sinalização.	120,37	0,50
6 Reconstrução	82,00	Reconstrução (reciclagem) do Pavimento, base com incorporação do material fresado e 2% de cimento, e recalpeamento de 3 a 5 cm e sinalização.	82	1,00

Figura 7 – Tabela de custos unitários de serviços de manutenção e reabilitação de pavimentos praticados pela NOVACAP

RESULTADOS OBTIDOS

Após os processos de modelagem, obteve-se as informações apresentadas nas Tabelas 5, 6 e 7, referentes aos resultados obtidos associados às vias priorizadas:

Tabela 5 – Estratégias de Manutenção Sugerida das Vias Priorizadas na cidade de Candangolândia-DF.

Código	Estratégia Sugerida	Segmentos (Quant.)	Extensão (km)	Percentual segmentos	Percentual Extensão
1	Não Fazer Nada	159	11,23	47,04	38,95
2	Manutenção Corretiva	23	0,99	6,8	3,45
3	Manutenção Preventiva	118	13,73	34,91	47,6
4	Reforço Convencional	37	2,55	10,95	8,85
5	Reforço com Fresagem	1	0,33	0,3	1,16

Tabela 6 – Segmentos por Faixa de Nível de ICP das Vias Priorizadas na cidade de Candangolândia-DF

Nível	ICP	Segmentos (Quant.)	Extensão (km)	Percentual segmentos	Percentual Extensão
1	Muito Ruim	1	0,33	0,3	1,16
3	Regular	155	16,28	45,86	56,44
4	Bom	179	12,06	52,96	41,83
5	Muito Bom	3	0,16	0,89	0,56

Tabela 7 – Segmentos por Faixa de Nível de VDM das Vias Priorizadas na cidade de Candangolândia-DF.

Nível	VDM	Segmentos (Quant.)	Extensão (km)	Percentual segmentos	Percentual Extensão
3	Médio	60	3,54	17,75	12,29
4	Baixo	75	3,8	22,19	13,17
5	Muito Baixo	203	21,5	60,06	74,53

A Figura 8 apresenta a tela de resultados gerais da priorização do aplicativo com as informações gerais da priorização, com todas as informações necessárias para o planejamento das intervenções de manutenção e reabilitação na cidade de Candangolândia – DF.

Verifica-se que a tela de resultados gerais do aplicativo além de fornecer informações referentes aos dados da priorização, como o custo total das intervenções, número de segmentos para manutenção e percentuais de ICP, apresenta também informações gerais sobre as características da malha viária em estudo, como o número total de segmentos de pista da RA e o total da área pavimentada.

Priorização de Vias - [VI_CUSTO_RA]

Arquivo Editar Inserir Registros Janela Ajuda Digite uma pergunta

Resultados da Priorização

RA	19	Per_AreaPavimentada	3,22%
DS_REGIAD	CANDANGOLANDIA	POP2010	16.699
		CustoHab	29,82
SegmentosTotal	334	SegmentosManutencao	71
ExtensaoTotal	28.298,94	PercentualManutencao	21,26%
CustoTotal	498.038,76	ICP_Medio	85,144
CustoMedio	1.491,13		
IP_Medio	18,013	Per_MuitoRuim	0,00%
Idade_Media	16	Per_Ruim	0,30%
Prioridade_Media	167,50	Per_Regular	3,29%
		Per_Bom	71,56%
AreaPavimentada_Km2	0,21	Per_MuitoBom	24,85%
AreaTotalRA_Km2	6,616		

Registro: 1 de 1

Insira um novo valor

Figura 8 – Tela de resultados gerais da priorização, do aplicativo Access

De posse das informações de inventário das vias, como o número de segmentos, extensões, larguras e número de faixas, e das estratégias de manutenções sugeridas, o aplicativo estimou o valor dos custos das intervenções, que puderam ser relacionados ao Volume Diário Médio de Veículos, conforme mostra a Figura 9.

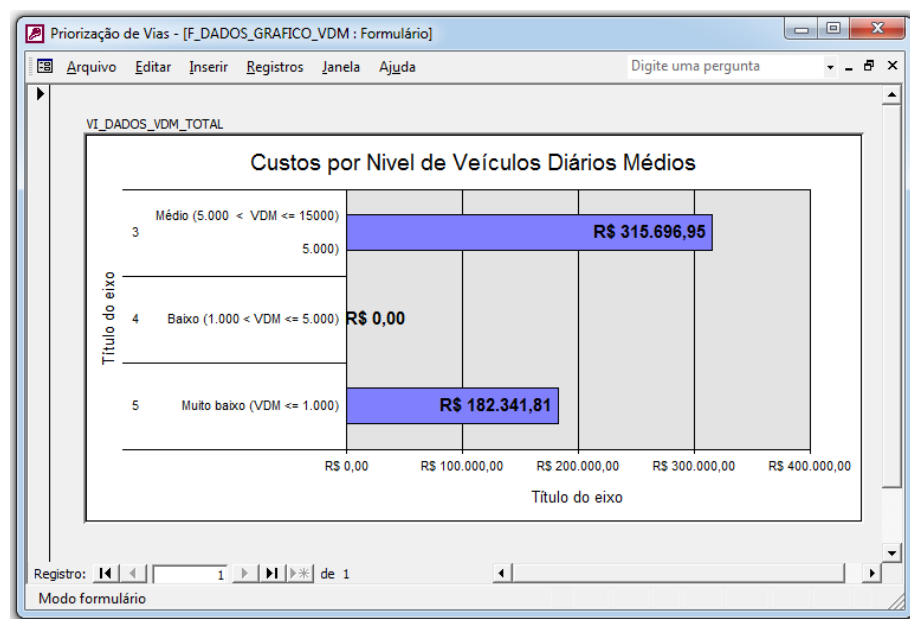


Figura 9 – Tela de resultados do aplicativo Access, relação Custo/VDM

O aplicativo apresenta ainda, a relação da Estratégia de Manutenção Sugerida, ao número de segmentos correspondentes, extensões totais, custos por estratégia sugerida, custo médio por segmento, IP médio por segmento, e ainda a idade do pavimento, conforme mostra a Figura 10.

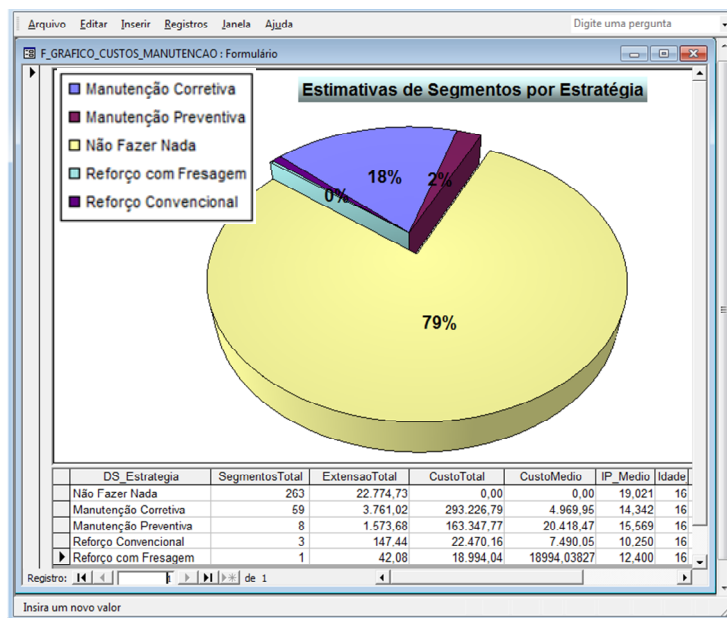


Figura 10 – Tela de resultados do aplicativo Access, relação Custo/Estratégia Sugerida

Conforme apresentado nas Figuras 11, 12, 13 e 14, foi possível apresentar de forma espacializada, as informações referentes aos resultados obtidos na priorização, como o Mapa de Estratégia de Manutenção Sugerida e o Mapa de ICP, bem como as informações referentes a dados de inventário, como o Mapa de Classe Funcional e o Mapa de VDM. A espacialização das informações, foi possível graças à integração entre o software SIG ARCGIS e o banco de dados Access.

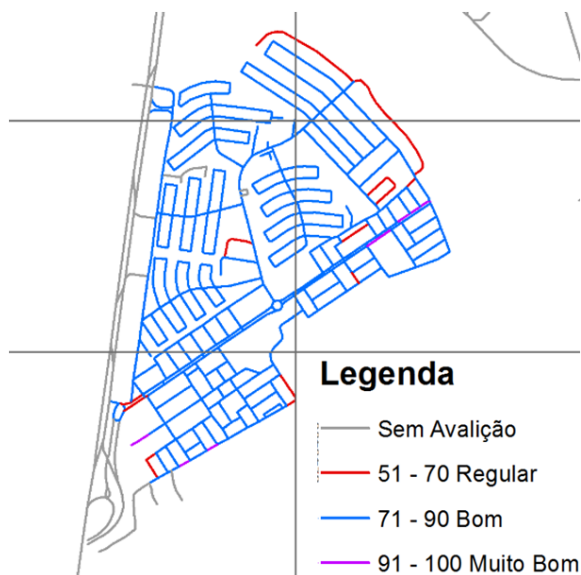


Figura 11 – Mapa de ICP

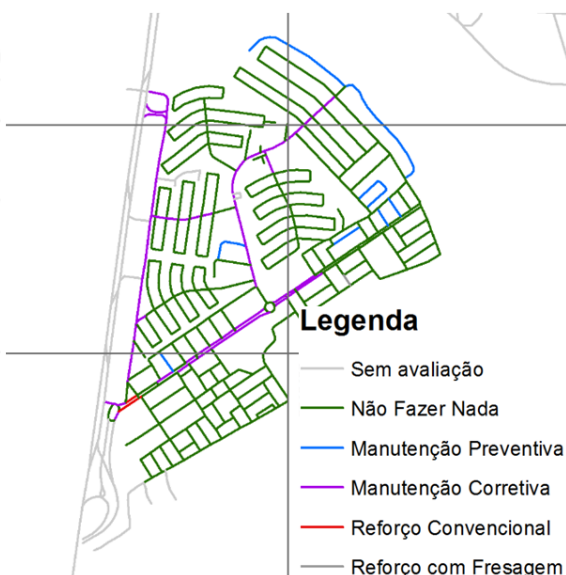


Figura 12 – Mapa de Estratégia Sugerida

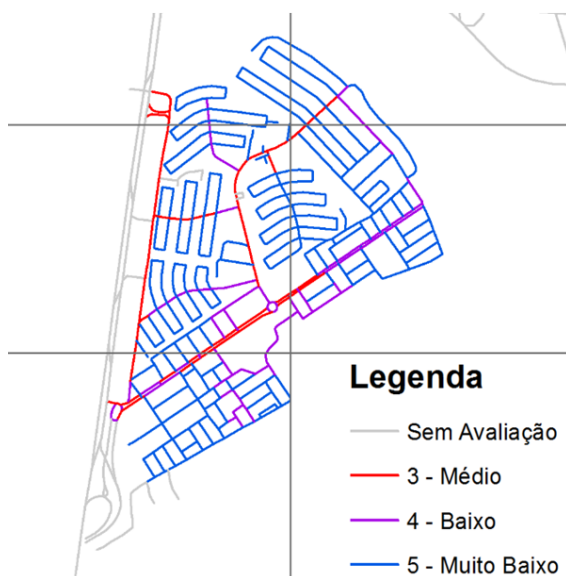


Figura 13 – Mapa de VDM

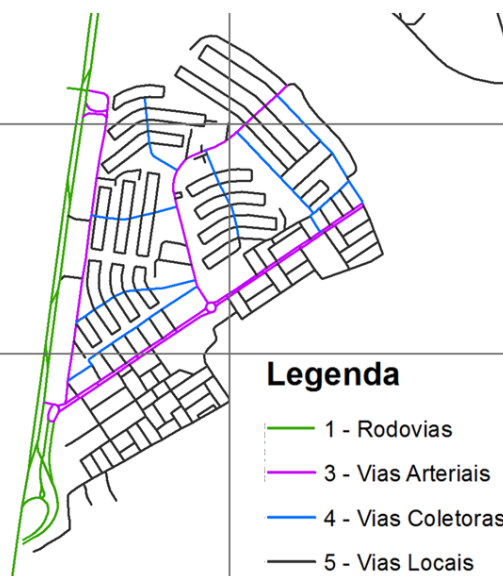


Figura 14 – Mapa de Classe Funcional

CONCLUSÕES

A implementação do aplicativo desenvolvido em ambiente Microsoft Access, baseado em banco de dados, garantiu eficiência nas informações da priorização gerada com o objetivo de elencar as atividades de manutenção e reabilitação, e quando integrado com a ferramenta SIG para espacialização das informações, forneceu de forma excepcional os resultados através de mapas temáticos.

A metodologia utilizada, mostrou-se eficiente em todo o processo de priorização, destacando-se a flexibilidade da árvore de decisão, que poderá a qualquer tempo ser modificada para se adequar a um novo cenário de priorização, onde a importância atribuída a cada um dos critérios poderá ser reconsiderada dependendo do estado em que se encontra a malha viária da cidade em que será aplicada.

Face aos resultados obtidos, a integração de banco de dados com ferramenta SIG, explorada com a aplicação prática no estudo de caso, poderá assumir formato de utilização prática como auxiliar aos administradores de órgãos públicos municipais, que tem a função de avaliar e planejar as intervenções de conservação e manutenção em vias públicas pavimentadas.

Uma vez que utilizou-se softwares de usos corriqueiros, tanto para o desenvolvimento do aplicativo de priorização, quanto para a espacialização das informações, verifica-se que aplicação da sistemática de se aliar um banco de dados a uma ferramenta SIG torna-se suficiente para os trabalhos de priorização de vias em malhas viárias com pequenas extensões, como no caso de pequenas cidades e municípios brasileiros, podendo-se inclusive, lançar mão de softwares livres para tais serviços.

Verificou-se que, no contexto das análises dos resultados obtidos na priorização da malha viária de Candangolândia - DF, apresenta-se um cenário otimista para intervenção, uma vez que em 79% da sua extensão pavimentada não existe a necessidade de qualquer tipo de intervenção de manutenção ou reabilitação, e que o percentual restante, está dividido entre manutenções preventivas ou corretivas, significativamente mais baratas que as intervenções de reabilitação, que por intervirem na estrutura do pavimento, oneram sobremaneira os seus custos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aps, M., Balbo, J.P. e Severi, A.A., Avaliação Superficial de Pavimentos Asfálticos em Vias Urbanas Utilizando o Método do PCI. Anais da 31ª Reunião Anual de Pavimentação, vol. 1, São Paulo, 1998.

Balbo, J.T., Pavimentos Asfálticos – Patologias e Manutenção. Editora Plêiade, São Paulo, 1997.

DNER – Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. Avaliação Subjetiva da Superfície de Pavimentos Flexíveis e Semi-Rígidos. DNER-PRO 008/94, Ministério dos Transportes, 1994.

Domingues, F.A.A., MID – Manual para Identificação de Defeitos de Revestimentos Asfálticos de Pavimentos. LDTT/PTR/EPUSP, São Paulo, 1994.

Fernandes Júnior, J.L., Oda, S. e Zerbini, L.F.. Defeitos e Atividades de Manutenção e Reabilitação em Pavimentos Asfálticos. Escola de Engenharia de São Carlos, São Paulo, 2003.

Gonçalves, F.P., O Diagnóstico e a Manutenção dos Pavimentos - Notas de Aula. São Paulo, 1999.

Haas, R., Hudson, W.R. e Zaniewski, J. Modern Pavement Management. Krieger Publishing Company, Malamar, Florida, 1994.

Lima, J.P., Ramos, R.A.R. e Fernandes Júnior, J.L., A Prática da Gestão de Pavimentos em cidades Médias Brasileiras. Anais do 2º Congresso Brasileiro para o Planejamento Urbano Regional Integrado e Sustentável. Pluris. Braga, Portugal, 2006.

Lima, J.P., Ramos, R.A.R. e Fernandes Júnior, J.L., Priorização de Pavimentos com o Uso da Metodologia de Análise Multicritério e SIG. ENGEVISTA - Revista da Escola de Engenharia da UFF, vol. 10, São Paulo, 2008.

Mattiola, A.L., Metodologia do Levantamento de Dados e do Sistema de Gerência de Pavimentos Urbanos. Relatório Técnico, Fase I, Versão 1.1, SGPU – NOVACAP, Brasília, 2009.